

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP2005/019119

International filing date: 18 October 2005 (18.10.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-306673  
Filing date: 21 October 2004 (21.10.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 17 February 2006 (17.02.2006)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 4 年 1 0 月 2 1 日

出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 3 0 6 6 7 3

パリ条約による外国への出願  
に用いる優先権の主張の基礎  
となる出願の国コードと出願  
番号

The country code and number  
of your priority application,  
to be used for filing abroad  
under the Paris Convention, is

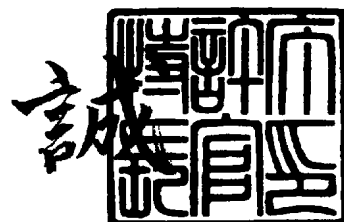
J P 2 0 0 4 - 3 0 6 6 7 3

出 願 人  
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

2 0 0 6 年 2 月 1 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

中 嶋



【書類名】	特許願
【整理番号】	2621560026
【提出日】	平成16年10月21日
【あて先】	特許庁長官殿
【国際特許分類】	B25J 13/00
【発明者】	
【住所又は居所】	大阪府豊中市稲津町3丁目1番1号 松下溶接システム株式会社 内
【氏名】	中田 広之
【発明者】	
【住所又は居所】	大阪府豊中市稲津町3丁目1番1号 松下溶接システム株式会社 内
【氏名】	増永 直人
【発明者】	
【住所又は居所】	大阪府豊中市稲津町3丁目1番1号 松下溶接システム株式会社 内
【氏名】	向井 康士
【発明者】	
【住所又は居所】	大阪府豊中市稲津町3丁目1番1号 松下溶接システム株式会社 内
【氏名】	古和 将
【特許出願人】	
【識別番号】	000005821
【氏名又は名称】	松下電器産業株式会社
【代理人】	
【識別番号】	100097445
【弁理士】	
【氏名又は名称】	岩橋 文雄
【選任した代理人】	
【識別番号】	100103355
【弁理士】	
【氏名又は名称】	坂口 智康
【選任した代理人】	
【識別番号】	100109667
【弁理士】	
【氏名又は名称】	内藤 浩樹
【手数料の表示】	
【予納台帳番号】	011305
【納付金額】	16,000円
【提出物件の目録】	
【物件名】	特許請求の範囲 1
【物件名】	明細書 1
【物件名】	図面 1
【物件名】	要約書 1
【包括委任状番号】	9809938

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

減速機を介してモータにより駆動されるロボットにおいて、モータが前記減速機に出力するトルクからロボットの逆動力学演算で求めた動力学トルクを差し引くことにより、衝突による外力をセンサレスで検出し、外力の検出値が予め設定した所定の閾値より大きければアームが外力を受けたと判断する衝突検出方法を有し、ロボット動作の指令加速度が予め設定した所定値より大きければ前記衝突検出における閾値を上げて衝突検出感度を下げることの特徴とする多関節型ロボットの衝突検出方法。

【請求項 2】

ロボット動作の指令加速度が予め設定した所定値より大きければ前記衝突検出における閾値を上げ、この閾値を上げた状態を所定時間保持することの特徴とする請求項 1 記載の多関節型ロボットの衝突検出方法。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ロボットの衝突検出方法

【技術分野】

【０００１】

本発明は、減速機を介してモータにより駆動されるロボットの衝突検出方法に関するものである。

【背景技術】

【０００２】

近年、ロボットにおいて、衝突時の安全性向上や破壊による損失防止のために、衝突検出の高精度化が求められている。しかしながら、高精度な衝突センサを用いることはコストが増大し、さらに重量負荷としてのセンサを振り回すことになるので、ロボットの高速化や省エネに反することになる。そこで、衝突力のセンサレス検出における高精度化が求められている。

【０００３】

衝突力をセンサレスで求める方法としては、モータの駆動電流で発生したトルクからモータ及び減速機のイナーシャと摩擦で損失するトルクを差し引いた減速機出力トルクより、ロボットの逆動力学演算から求めたロボットの動力学トルクを差し引いて衝突力を求める方式（以下、動力学演算方式という。非特許文献１参照）と、外乱推定オブザーバを用いて衝突力を求める方式（以下、外乱推定オブザーバ方式という）がある。

【０００４】

図２は、動力学演算方式の制御ブロック線図である。

【０００５】

図２において、６は位置制御ブロックであり、位置指令の速度成分  $d\theta_{com}(1)$  を積分した位置指令  $\theta_{com}(3)$  と、モータ速度フィードバック  $\omega_m(2)$  を積分したモータ位置フィードバック  $\theta_m(4)$  との差分値から速度ループ指令  $\omega_{com}(7)$  を生成する。

【０００６】

図２の１０は速度制御ブロックであり、速度ループ指令  $\omega_{com}(7)$  とモータ速度フィードバック  $\omega_m(2)$  の差分値からモータ電流指令  $I_m(11)$  を生成する。

【０００７】

図２の１８はモータと外力を示したブロックである。 $\tau_m(13)$  はモータ発生トルクであり、減速機が剛体であると仮定すると、モータ発生トルク  $\tau_m(13)$  は、以下に示す（数１）において、モータ駆動側から見れば（数１－１）で表され、負荷側から見れば（数１－２）で表される。

【０００８】

【数１】

$$\tau_m = K_t \times I_m \quad (\text{数１－１})$$

$$\tau_m = \tau_{dyn} + \tau_{dis} + J_m \times \alpha_m + D \times \omega_m + \tau_\mu \quad (\text{数１－２})$$

ただし、式（数１－１）、（数１－２）における記号は以下の通りである。

$K_t(12)$  : モータトルク定数

$I_m(11)$  : モータ電流

$\alpha_m$  : モータ角加速度（ $\omega_m$ の微分値）

$\omega_m(2)$  : モータ角速度

$J_m$  : モータイナーシャ（ロータ＋減速機１次側）

$D$  : 粘性摩擦係数

$\tau_\mu(15)$  : 動摩擦トルク

$\tau_{dyn}(14)$  : 動力学トルク（重力トルク、慣性力、遠心力、コリオリ力の和）

$\tau_{dis}(16)$  : 衝突トルク

また、上記に示す動摩擦トルク  $\tau_{\mu}$  (15) は、以下に示す(数2)で計算できる。

【0009】

【数2】

$$\tau_{\mu} = K_{\mu} \times \text{sgn}$$

ただし、

$K_{\mu}$  : 動摩擦の大きさ

$$\text{sgn} = \begin{cases} 1 & (\omega_m > 0) \\ 0 & (\omega_m = 0) \\ -1 & (\omega_m < 0) \end{cases}$$

また、(数1-2)の右辺にある衝突トルク  $\tau_{dis}$  は、(数1-1)と(数1-2)より、以下に示す(数3)に変形して求めることが出来る。

【0010】

【数3】

$$\tau_{dis} = (K_t \times I_m - J_m \times \alpha_m - D \times \omega_m - K_{\mu} \times \text{sgn}) - \tau_{dyn}$$

なお、上記(数3)において、 $K_t \times I_m - J_m \times \alpha_m - D \times \omega_m - K_{\mu} \times \text{sgn}$  はモータが減速機に出力するトルクであり、 $\tau_{dyn}$  は動力学トルクである。

【0011】

図2において、(30)は、(数3)を衝突トルク推定ブロックとして表したものである。

【0012】

衝突トルク推定ブロック(30)において、動力学トルク推定値  $\tau_{dyno}$  (29) は、動力学トルク演算ブロック(26)において、ロボットを構成する全軸のモータ速度フィードバックとロボットの機械パラメータを用いて逆動力学演算を実行することで求められる。衝突トルク推定ブロック(30)は、この動力学トルク推定値  $\tau_{dyno}$  (29) を用いて衝突トルク推定値  $\tau_{diso}$  (28) をもとめ、この衝突トルク推定値  $\tau_{diso}$  (28) を衝突判定ブロック(31)へ出力する。

【0013】

衝突判定ブロック(31)は、所定の衝突検出閾値  $\tau_{th}$  を用いて、以下に示す(数4)に従い衝突を検出する。

【0014】

【数4】

$$|\tau_{diso}| > \tau_{th}$$

以上説明した従来の動力学演算方式では、減速機が剛体であることが前提であった。

【0015】

しかし、実際の減速機にはバネ成分が存在し、このバネ成分により振動が発生する可能性がある。

【0016】

図3は、ロボットにおけるモータと減速機をモデル化した図を示したものであり、モータ取り付けベースとなるアーム1(71)に、モータ(72)、減速機(73)、ベアリング(74)が固定され、減速機2次側(77)の回転部に結合された負荷であるアーム2(79)を駆動する。

【0017】

減速機1次側(76)は、モータ回転軸(80)でモータ内のロータに結合され、モータ回転速度  $\omega_m$  (2) で回転する。減速機(73)は減速比  $R_g$  で、モータ回転速度  $\omega_m$  (2) を負荷回転速度  $\omega_L$  (41) に減速する。

【0018】

ここで、減速機（73）の減速比  $R_g$  は下記に示す（数5）により表される。

【0019】

【数5】

$$R_g = \omega_m / \omega_L$$

しかし、減速機（73）は減速機1次側（76）と減速機2次側（77）の間にバネ成分が存在するので、（数5）が成立するのは、バネの伸びが一定となった定常状態の場合のみである。

【0020】

このバネ成分のバネ定数を  $K_S$  として、図3に示すモデルをブロック線図で表したものが図4である。

【0021】

図4において、 $I_m(11)$  はモータ（72）を駆動するモータ電流指令、 $K_t(12)$  はモータ（72）のトルク定数、 $1/R_g(42、43)$  は減速比の逆数、44はモータ伝達関数、45は負荷伝達関数、 $K_S(46)$  は減速機（73）のバネ定数、 $\theta_s(47)$  は減速機1次側（76）と減速機2次側（77）間に発生するねじれ角、48は積分である。

【0022】

$\tau_{dis}(22)$  は負荷（アーム2）に加わる衝突トルク、 $\tau_{dyn}'(49)$  は自軸の慣性力と重力トルクを除いた動力学トルク、 $\tau_G(50)$  は重力トルク、 $\tau_\mu(15)$  は動摩擦トルクである。

【0023】

モータ伝達関数（44）において、モータイナーシャ  $J_m$  はモータロータ（75）と減速機1次側（76）を合わせた回転軸（80）回りの慣性モーメント、 $D_m$  はモータ粘性摩擦係数である。

【0024】

負荷伝達関数（45）においても、負荷イナーシャ  $J_L$  は負荷（アーム2）（79）と減速機2次側（77）を合わせた回転軸（80）回りの慣性モーメント、 $D_L$  は負荷粘性摩擦係数である。

【0025】

特に大型ロボットでは、図4でモデル化した減速機のバネ成分の共振周波数が10Hz以下の低い周波数となり、ロボットの動作周波数がこれに近くなれば、振動を発生する確率が増加する。

【0026】

ロボットの通常用途では、振動が発生しないように、ロボットの動作周波数はバネ成分の共振周波数より低くなるように加減速を調整するので、それほど大きな問題とはならない。しかし溶接用途では、特許文献1に記載されたアークスタート時のトーチ引き上げ動作や、トーチを振動させるウィーピング動作等では、多少振動が発生し軌跡精度が多少劣化しても速応性が求められるため、ロボットの動作周波数がバネ成分の共振周波数に近く可能性は高い。

【0027】

このような場合、減速機のバネ成分による振動を無視して、衝突検出閾値を定めると、衝突していないにも関わらず、衝突としていると誤検出する可能性がある。

【0028】

図5はこの誤検出を示した例を示す図であり、時刻0.1～0.5の間は通常動作を示し、時刻0.6～0.8はトーチ引き上げ動作を示しており、上から、位置指令の速度成分  $d\theta_{com}(1)$  の時間変化、その下にそれを微分した加速度成分  $a_{com}$  の時間変化、その下に衝突トルク推定値  $\tau_{diso}(28)$  の時間変化を示している。

【0029】

通常動作では、 $\alpha c o m$ の絶対値は、減速機はね成分による振動を発生させない様に、加速度閾値 $\alpha t h$ を越えないように調整される。そして、この加速度閾値 $\alpha t h$ は、実際に通常動作を行うことで求められるものである。

#### 【0030】

しかしトーチ引き上げ動作では、多少振動が発生して軌跡精度が多少劣化しても速応性が求められるため、このときの加速度 $\alpha c o m$ は加速度閾値 $\alpha t h$ を越える可能性がある。

#### 【0031】

図2で示す従来の動力学演算方式では、減速機のはね成分を図4の様にモデル化していないので、その振動がそのまま衝突トルク推定値 $\tau d i s o (28)$ の誤差として現れる。この様子を表したものが、図5の時刻0.6~0.8間であり、衝突トルク推定値 $\tau d i s o (28)$ の絶対値が衝突検出閾値 $\tau t h (39)$ を2回越えている。

#### 【0032】

このような現象が発生すると、衝突していないにも関わらず衝突が発生したと誤検出することになる。この誤検出を避けるためには、衝突検出閾値 $\tau t h (39)$ を大きくするしかないが、逆に衝突検出感度が低くなるので、実際に衝突が発生した場合の検出が遅れることになる。そして、衝突検出が遅れると、衝突による衝撃緩和手段をとるのも遅れることになり、アームや減速機、さらにはワーク等にダメージを与えることになる。

#### 【0033】

一方、外乱推定オブザーバ方式では、図3、図4で示した、減速機がバネを持ったモデルを対象として、衝突検出を実現する方法が知られている（例えば特許文献2参照）。

#### 【0034】

図6に外乱オブザーバ方式を説明するためのブロック図を示す。衝突トルク推定ブロック(69)において、外乱推定オブザーバ(61)は、入力としてモータ電流 $I m (11)$ とモータ回転速度 $\omega m (11)$ 、演算パラメータとしてモータイナーシャ $J m$ 、負荷イナーシャ $J L$ 、モータ粘性摩擦係数 $D m$ 、負荷粘性摩擦係数 $D L$ 、減速機バネ定数 $K S (46)$ および減速比 $R g$ を用いて、負荷回転速度 $\omega L (41)$ 、ねじれ角 $\theta s (47)$ 及び外乱トルクの和 $(\tau d i s + \tau d y n' + \tau \mu + \tau G) o (65)$ を推定するものである。

#### 【0035】

重力トルク演算ブロック(62)は、ロボットを構成する全軸の位置情報(速度を積分(63))から重力トルク推定値を演算し、重力トルク推定値 $\tau G o (67)$ を出力する。

#### 【0036】

衝突トルク推定ブロック(69)は、外乱トルクの和 $(\tau d i s + \tau d y n' + \tau \mu + \tau G) o (65)$ から、重力トルク推定値 $\tau G o (67)$ と動摩擦トルク推定値 $\tau \mu o (24)$ とを減算し、衝突トルク推定 $(\tau d i s + \tau d y n') o (66)$ を衝突判定ブロック(30)に出力する。

【特許文献1】特開2002-205169号公報

【特許文献2】特開2000-52286号公報

【非特許文献1】小菅一弘、他1名、“マニピュレータの動的衝突検出”、日本機械学会【No. 99-9】ロボティクス・メカトロニクス講演会'99講演論文集 2A1-11-030

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0037】

しかし、従来の外乱推定オブザーバ方式では、下記の課題がある。

#### 【0038】

1つ目の課題は、衝突トルク推定 $(\tau d i s + \tau d y n') o (66)$ に、自軸の慣性力と重力トルクを除いた動力学トルク $\tau d y n' (49)$ が含まれることである。 $\tau d y$



$n' (49)$  は主に他軸からの干渉力（遠心力、コリオリ力）で構成される。

【0039】

この  $\tau dyn' (49)$  が誤差成分となるので、動力学演算方式に比べ、衝突検出閾値  $\tau th$  が大きくなる（衝突検出感度が下がる）ことが考えられる。つまり、せっかく図3、図4で示した、減速機のパネ成分をモデル化しても動力学演算方式より衝突検出感度が下がる可能性がある。

【0040】

2つ目の課題は、外乱オブザーバ(61)では、負荷イナーシャ  $JL$  とバネ定数  $KS (46)$  の正確な値が必要で、これらのパラメータに誤差があると、外乱推定にも誤差が発生し、バネをモデル化した意味が少なくなることである。

【0041】

負荷イナーシャ  $JL$  は、ロボットの姿勢やアームに取り付ける負荷により変動するので、リアルタイムに演算する必要がある、演算は可能である。

【0042】

しかし、バネ定数  $KS (19)$  を固定値とすることには問題がある。図7は、ロボットに使用される減速機の代表であるハーモニック減速機のパネ定数  $KS$  の一例を示す図であり、あるメーカーカタログに記載されているものである。図7において、ねじれ角が変わるとバネ定数も変化するので、3段階の直線で近似されており、それぞれのトルク定数を  $K1$ 、 $K2$ 、 $K3$  としている。ロボットで使用される頻度の高い、減速比80以上のバネ定数について、メーカーカタログ値より  $K1$ 、 $K2$ 、 $K3$  の平均値を求め、その平均値を基準に  $K1$ 、 $K2$ 、 $K3$  の誤差を算出すると、最大で約33%になる。

【0043】

また、ねじれ角  $\theta s (47)$  と負荷回転速度  $\omega L (41)$  は直接測定されるのではなく、外乱推定オブザーバの1変数として推定される値のため、バネ定数  $KS (46)$  が変わるとねじれ角  $\theta s (47)$  の推定値も変化する。しかし、現実には、バネ定数  $KS (46)$  がねじれ角  $\theta s (47)$  の関数になっており、相互に従属するので、推定は不可能となる。

【0044】

そこで、外乱推定オブザーバを成立させるには、バネ定数  $KS (46)$  を固定値と見なすしか方法はないが、その誤差が外乱推定値の精度を悪化させる可能性は高い。

【0045】

すなわち、減速機のパネ成分をモデル化しても、衝突力の検出精度を十分に上げられるとは限らないので、衝突していないにも関わらず、衝突として誤検出する可能性を無くすることは困難である。

【0046】

本発明は、上記課題を解決するものであり、ロボットの動作周波数が低い時（例えば、通常動作時）の衝突検出感度を落とすことなく、動作周波数が減速機パネ成分の共振周波数に近付いた時（例えば、溶接トーチの引き上げ動作時）の衝突誤検出を防ぐことができるロボットの衝突検出方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0047】

上記目的を達成するために、本発明のロボットの衝突検出方法は、減速機を介してモータにより駆動されるロボットにおいて、モータが前記減速機に出力するトルクからロボットの逆動力学演算で求めた動力学トルクを差し引くことにより、衝突による外力をセンサレスで検出し、外力の検出値が予め設定した所定の閾値より大きければアームが外力を受けたと判断する衝突検出方法を有し、ロボット動作の指令加速度が予め設定した所定値より大きければ衝突検出における閾値を上げて衝突検出感度を下げるものである。

【0048】

また、本発明のロボットの衝突検出方法は、ロボット動作の指令加速度が予め設定した所定値より大きければ衝突検出における閾値を上げ、それを所定時間保持するものである。

【発明の効果】

【0049】

以上のように、本発明のロボットの衝突検出方法においては、ロボットの動作周波数が低い時（例えば、通常動作時）の衝突検出感度を落とすことなく、動作周波数が減速機バネ成分の共振周波数に近付いた時（例えば、溶接トーチの引き上げ動作時）の衝突誤検出を防ぐことができる。

【0050】

また、ロボット動作の指令加速度が予め設定した所定値より大きければ前記衝突検出における閾値を上げ、それを所定時間保持することにより、減速機バネ成分の振動の位相遅れや振動の持続による衝突誤検出を防ぐことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0051】

（実施の形態）

以下、本発明の一実施の形態について説明する。

【0052】

図1は、本実施の形態における衝突検出方法を示すブロック図であり、図2で示した動力学演算方式をベースに、衝突検出閾値設定ブロック（34）を追加した構成となっている。なお、図1において、図2と同様の箇所については同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

【0053】

図1において、衝突検出閾値設定ブロック（34）では、位置指令の速度成分  $d\theta_{com}$ （1）を微分した位置指令の加速度成分  $\alpha_{com}$ （33）を入力とし、所定の加速度閾値  $\alpha_{th}$  と比較をし、以下に示す（数6）に従って衝突検出閾値  $\tau_{vth}$ （35）を衝突判定ブロック（31）に出力する。

【0054】

【数6】

$$\tau_{vth} = \begin{cases} \tau_{th} + d\tau_{th} & (|\alpha_{com}| > \alpha_{th} \text{の時}) \\ \tau_{th} & (|\alpha_{com}| \leq \alpha_{th} \text{の時}) \end{cases}$$

ただし、

$\tau_{th}$  : 通常動作で調整した衝突検出閾値

$d\tau_{th}$  : 減速機バネ振動に対応した閾値増分

なお、上記  $\tau_{th}$  は通常動作を実際に行ってそれに基づいて予め求められたものであり、 $d\tau_{th}$  は、通常動作ではない動作を実際に行ってそれに基づいて予め求められたものである。

【0055】

そして、この衝突検出閾値  $\tau_{vth}$ （35）を用いて、衝突判定ブロック（31）で衝突判定をしたときの波形を図8に示す。なお、図8では、通常動作ではない動作の例として、ロボットが溶接トーチの引き上げ動作を行う例を示している

図8に示すように、トーチ引き上げ動作を行っている時刻0.6～0.8間では、位置指令の加速度成分  $\alpha_{com}$ （33）の絶対値が所定の加速度閾値  $\alpha_{th}$ （38）を越えるので、その間は、（数6）で示したように、衝突検出閾値  $\tau_{vth}$ （35）は、通常動作で調整した衝突検出閾値  $\tau_{th}$  より  $d\tau_{th}$ （36）分大きくなる。このことにより、時刻0.6～0.8間で、衝突トルク推定値  $\tau_{diso}$ （28）に減速機バネの振動誤差が加わっても、その絶対値は衝突検出閾値  $\tau_{vth}$ （35）を越えないので、衝突誤検出は発生しない。

【0056】

また、時刻0.8以後では、位置指令の加速度成分  $\alpha_{com}$ （33）の絶対値が所定

の加速度閾値  $\alpha_{th}$  (38) 以下になるので、衝突検出閾値  $\tau_{vth}$  (35) は通常動作で調整した衝突検出閾値  $\tau_{th}$  に戻り、これにより通常動作時の衝突検出感度を落とすことはない。

#### 【0057】

なお、上記した閾値の判定や閾値の変更は、例えば、ロボットシステムに設けられているCPU (Central Processing Unit) 内に記憶されているプログラムにより行われるものである。

#### 【0058】

また、上記では、位置指令の加速度成分  $\alpha_{com}$  (33) の絶対値が所定の加速度閾値  $\alpha_{th}$  (38) 以下になった時点で直ぐに衝突検出閾値  $\tau_{vth}$  (35) を通常動作で調整した衝突検出閾値  $\tau_{th}$  に戻す例を示したが、位置指令の加速度成分  $\alpha_{com}$  (33) の絶対値が所定の加速度閾値  $\alpha_{th}$  (38) 以下になった時点で直ぐに衝突検出閾値  $\tau_{vth}$  (35) は通常動作で調整した衝突検出閾値  $\tau_{th}$  に戻すのではなく、図9に示すように所定の時刻  $T_d$  (37) の間衝突検出閾値  $\tau_{vth}$  (35) の値を  $\tau_{th} + d\tau_{th}$  に保持するようにしてもよい。

#### 【0059】

この例を、図9を用いて説明する。図9において、トーチ引き上げ動作を行っている時刻0.6~0.8間では、位置指令の加速度成分  $\alpha_{com}$  (33) の絶対値が所定の加速度閾値  $\alpha_{th}$  (38) を越えるので、その間は、(数6)で示したように、衝突検出閾値  $\tau_{vth}$  (35) は通常の場合より、 $d\tau_{th}$  (36) 分大きくなるが、一度位置指令の加速度成分  $\alpha_{com}$  (33) の絶対値が所定の加速度閾値  $\alpha_{th}$  (38) を越えて、次に下回る時は(図では時刻0.8)衝突検出閾値  $\tau_{vth}$  (35) の値を  $\tau_{th} + d\tau_{th}$  に所定の時刻  $T_d$  (37) の間保持する。

#### 【0060】

このように、位置指令の加速度成分  $\alpha_{com}$  (33) の絶対値が所定の加速度閾値  $\alpha_{th}$  (38) を越えて、その後加速度閾値  $\alpha_{th}$  (38) を下回った場合でも、衝突検出閾値  $\tau_{vth}$  (35) の値を  $\tau_{th}$  にすぐに戻さず、所定の時刻  $T_d$  (37) の間衝突検出閾値  $\tau_{vth}$  (35) の値を  $\tau_{th} + d\tau_{th}$  に保持することで、減速機バネ成分による振動の位相遅れや振動の持続が生じる場合でも、衝突誤検出を防ぐことができる。

#### 【0061】

なお、上記した所定の時刻  $T_d$  (37) の間衝突検出閾値  $\tau_{vth}$  (35) の値を  $\tau_{th} + d\tau_{th}$  に保持する処理は、例えば、ロボットシステムに設けられているCPU (Central Processing Unit) 内に記憶されているプログラムにより行われるものである。

#### 【0062】

また、本実施の形態では、動力学演算方式をベースに説明したが、図6で示す外乱推定オブザーバ方式にも同様の手法を用いることができることは言うまでもない。

#### 【0063】

以上のように、通常動作に対して加速度成分が大きくなる溶接トーチの引き上げ動作等を行う場合には、通常動作で調整した衝突検出閾値よりも閾値を大きくすることで衝突誤検出を防ぐことができ、加速度成分が通常動作の状態に戻った場合には衝突検出閾値を通常動作で調整した衝突検出閾値に戻すことで通常動作時の衝突検出感度を低下させることなく衝突検出を行うことができる。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0064】

本発明のロボットの衝突検出方法は、ロボットの動作周波数が低い時の衝突検出感度を落とすことなく、動作周波数が減速機バネ成分の共振周波数に近付いた時の衝突誤検出を防ぐことができるので、溶接用途におけるアークスタート時のトーチ引き上げ動作や、トーチを振動させるウィービング動作等の多少振動が発生し軌跡精度が多少劣化しても速応性が求められる条件でも衝突誤検出を防ぐことが可能であり、産業上有用である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 5 】

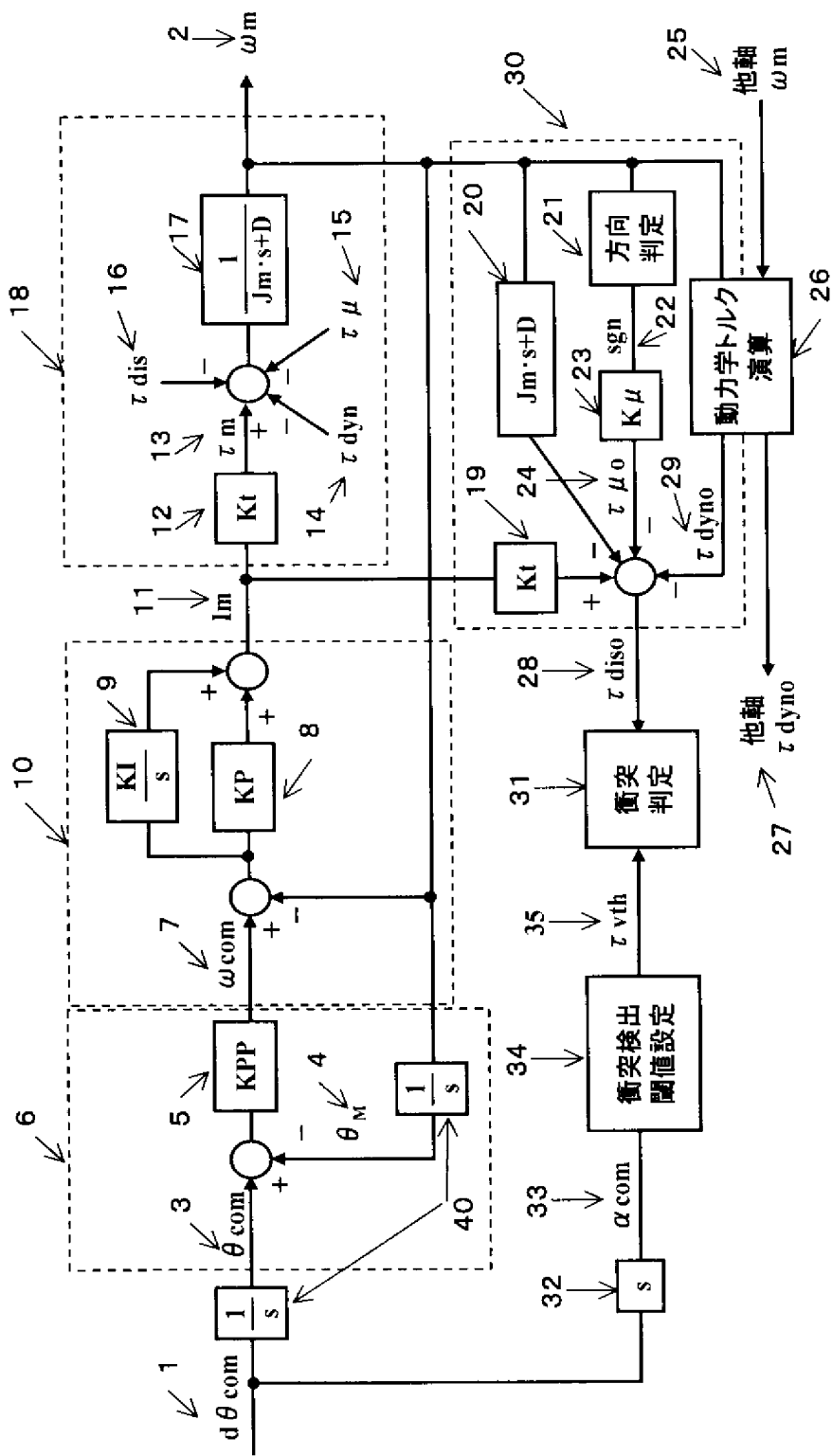
- 【図 1】 本発明の実施の形態における衝突検出方法を示すブロック図  
【図 2】 従来技術における衝突検出方法を示すブロック図（動力学演算方式）  
【図 3】 ロボットの減速機のパネ成分を示す概略構成図  
【図 4】 ロボットの減速機のパネ成分をモデル化したブロック線図  
【図 5】 従来技術の形態における衝突判定を示す波形図  
【図 6】 従来技術における衝突検出方法を示すブロック図（外乱オブザーバ方式）  
【図 7】 ロボット減速機（ハーモニック減速機）のパネ定数を示すグラフ  
【図 8】 本発明の実施の形態における衝突判定を示す波形図  
【図 9】 本発明の実施の形態における衝突判定を示す波形図

【符号の説明】

【 0 0 6 6 】

- 1 位置指令の速度成分  $d \theta \text{ com}$   
2 モータ速度フィードバック  $\omega \text{ m}$   
3 位置指令  $\theta \text{ com}$   
4 位置フィードバック  $\theta \text{ m}$   
5 位置比例ゲイン  $K \text{ P P}$   
6 位置制御ブロック  
7 速度ループ指令  $\omega \text{ com}$   
8 速度比例ゲイン  $K \text{ P}$   
9 速度積分ゲイン  $K \text{ I} / \text{s}$   
10 速度制御ブロック  
11 モータ電流  $I \text{ m}$   
12 モータトルク定数  $K \text{ t}$   
13 モータ発生トルク  $\tau \text{ m}$   
14 動力学トルク（重力トルク、慣性力、遠心力、コリオリ力の和）  $\tau \text{ dyn}$   
15 動摩擦トルク  $\tau \mu$   
16 衝突トルク  $\tau \text{ dis}$   
17 モータ伝達関数ブロック  
18 モータ及び外力を示すブロック  
19 モータトルク定数  $K \text{ t}$   
20 モータ伝達関数のインバース  
21 モータ回転方向判定ブロック  
22 モータ方向信号  $\text{sgn}$   
23 動摩擦係数  $K \mu$   
24 動摩擦トルク推定値  $\tau \mu \text{ o}$   
25 他軸モータ速度  
26 動力学トルク演算ブロック  
27 他軸動力学トルク推定値  
28 衝突トルク推定値  $\tau \text{ dis o}$   
29 動力学トルク推定値  $\tau \text{ dyn o}$   
30 衝突トルク推定ブロック  
31 衝突判定ブロック  
32 微分要素  
33 位置指令の加速度成分  $\alpha \text{ com}$   
34 衝突検出閾値設定ブロック  
35 衝突検出閾値  $\tau \text{ v t h}$   
36 衝突検出閾値増分  $d \tau \text{ t h}$   
37 衝突検出閾値保持時間  $T \text{ d}$

3 8 加速度閾値  $\alpha \text{ t h}$   
3 9 衝突検出閾値（固定値）  $\tau \text{ t h}$   
4 0 積分要素  
4 1 負荷回転速度  $\omega \text{ L}$   
4 2 減速比逆数  $1 / R \text{ g}$   
4 3 減速比逆数  $1 / R \text{ g}$   
4 4 モータ伝達関数  
4 5 負荷伝達関数  
4 6 バネ定数  $K \text{ S}$   
4 7 減速機ねじれ角  $\theta \text{ s}$   
4 8 積分要素  
4 9 自軸の慣性力と重力トルクを除いた動力学トルク  $\tau \text{ d y n '}$   
5 0 重力トルク  $\tau \text{ G}$   
6 1 外乱オブザーバブロック  
6 2 重力演算ブロック  
6 3 積分要素  
6 5 外乱トルクの和  $(\tau \text{ d i s} + \tau \text{ d y n '} + \tau \mu + \tau \text{ G}) \text{ o}$   
6 6 衝突トルク推定値  $(\tau \text{ d i s} + \tau \text{ d y n '}) \text{ o}$   
6 7 重力トルク推定値  $\tau \text{ G o}$   
6 8 他軸重力トルク推定値  
6 9 衝突トルク推定ブロック（外乱オブザーバ）  
7 1 モータ取り付けベース（アーム 1）  
7 2 モータ  
7 3 減速機  
7 4 ベアリング  
7 5 モータ内ロータ  
7 6 減速機 1 次側  
7 7 減速機 2 次側  
7 8 減速機 バネ  
7 9 負荷（アーム 2）  
8 0 モータ回転軸



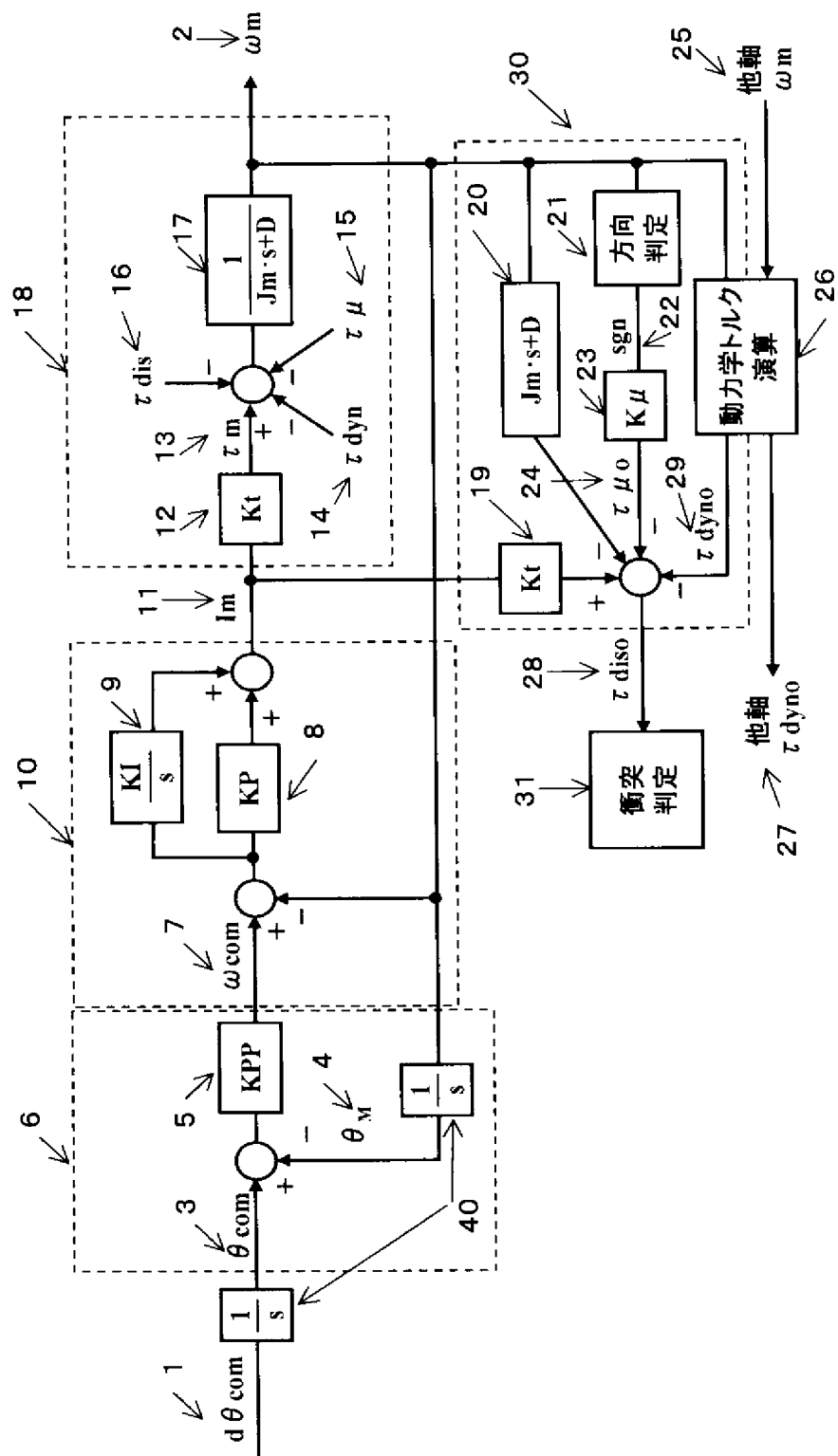
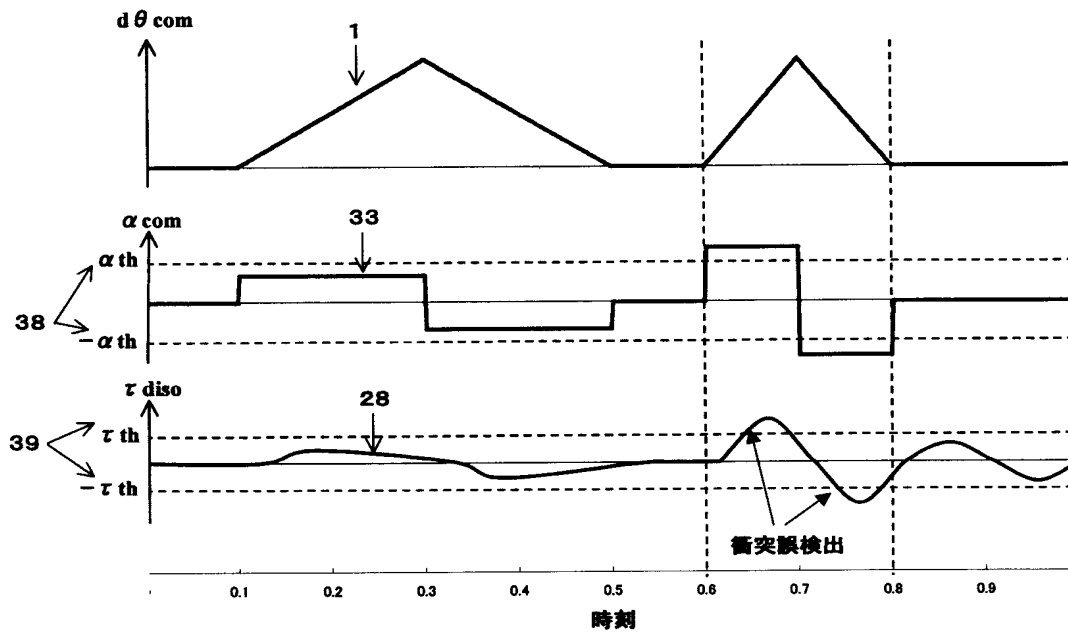
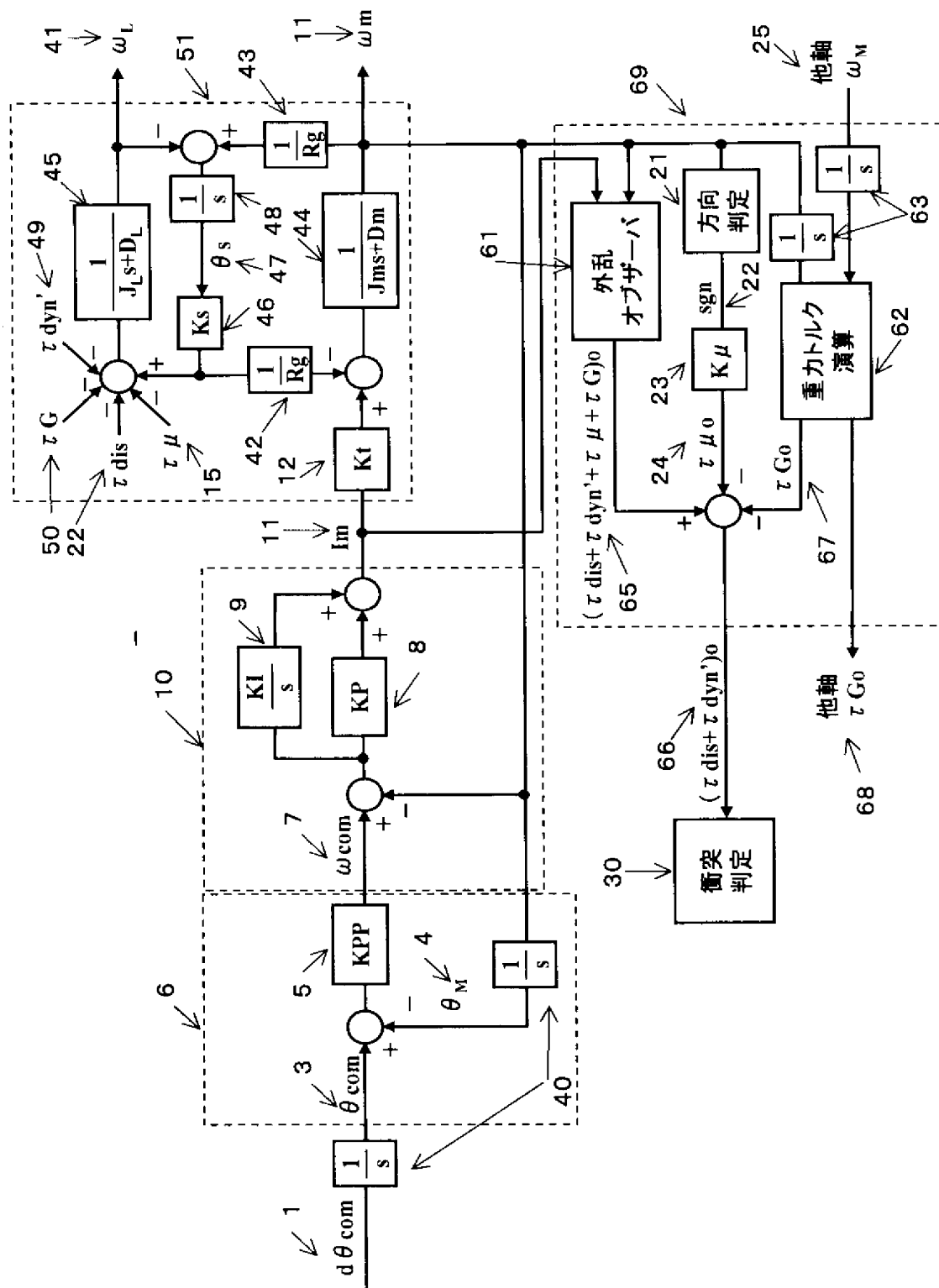


Fig. 1 is a schematic diagram of a motor assembly. The assembly includes a motor (72) mounted on a motor mounting base (arm 1, 71). The motor is connected to a first-stage speed reducer (76) via a rotor (75) with angular velocity  $\omega_m$ . The first-stage speed reducer is connected to a second-stage speed reducer (77) via a spring (78). The second-stage speed reducer is connected to a load (arm 2, 41) via a bearing (74). The load has angular velocity  $\omega_L$ . The entire assembly is supported by a base (79). A vertical dashed line 80 indicates a central axis.

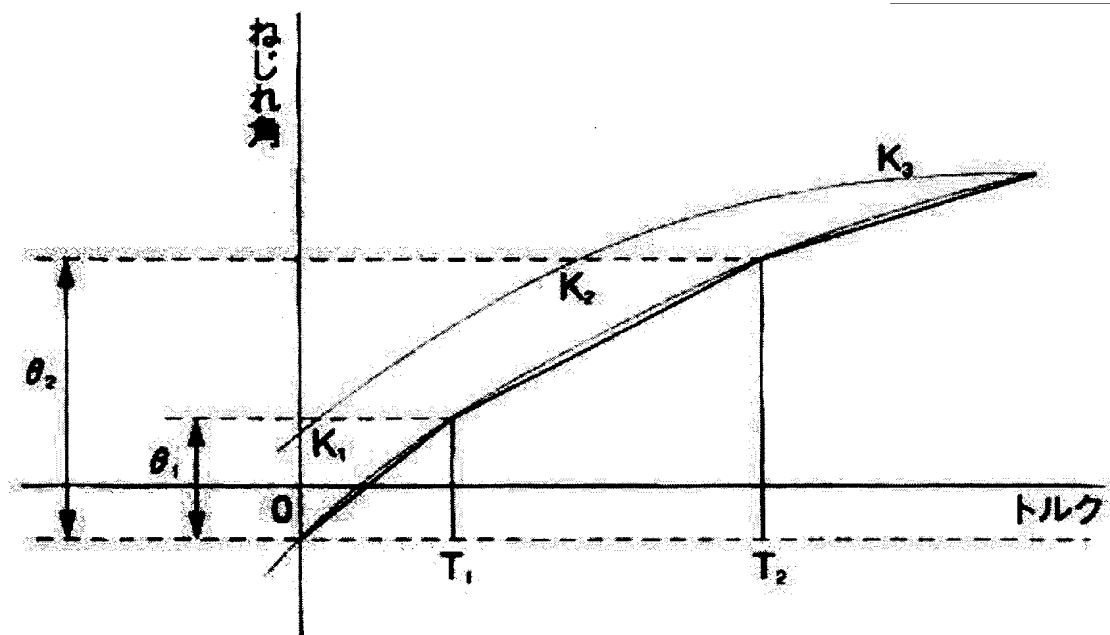
[illegible]



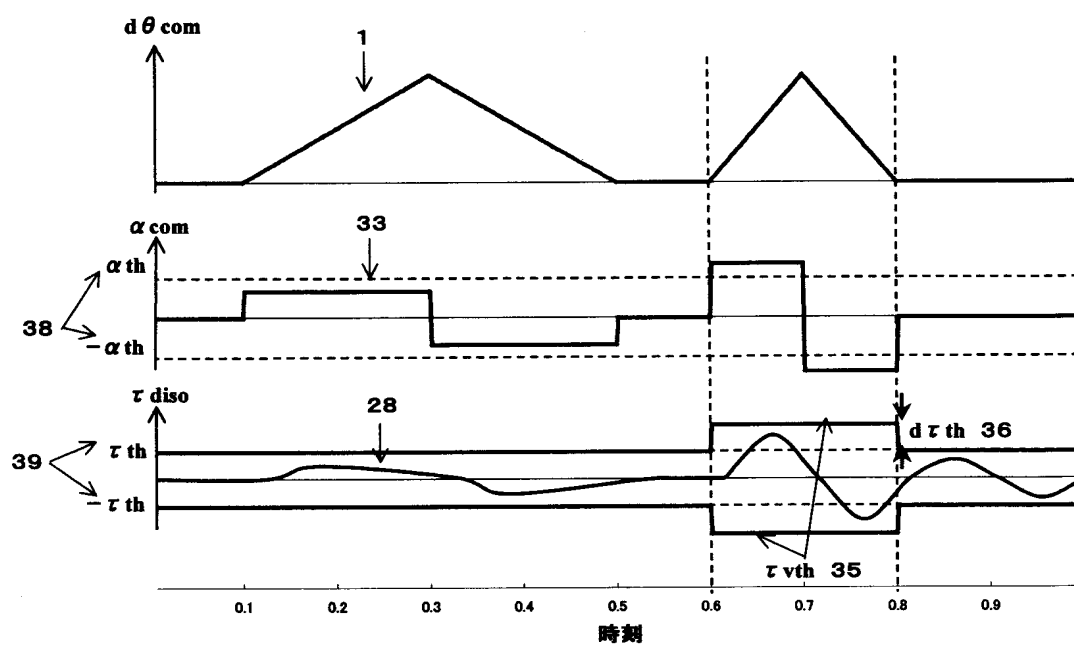


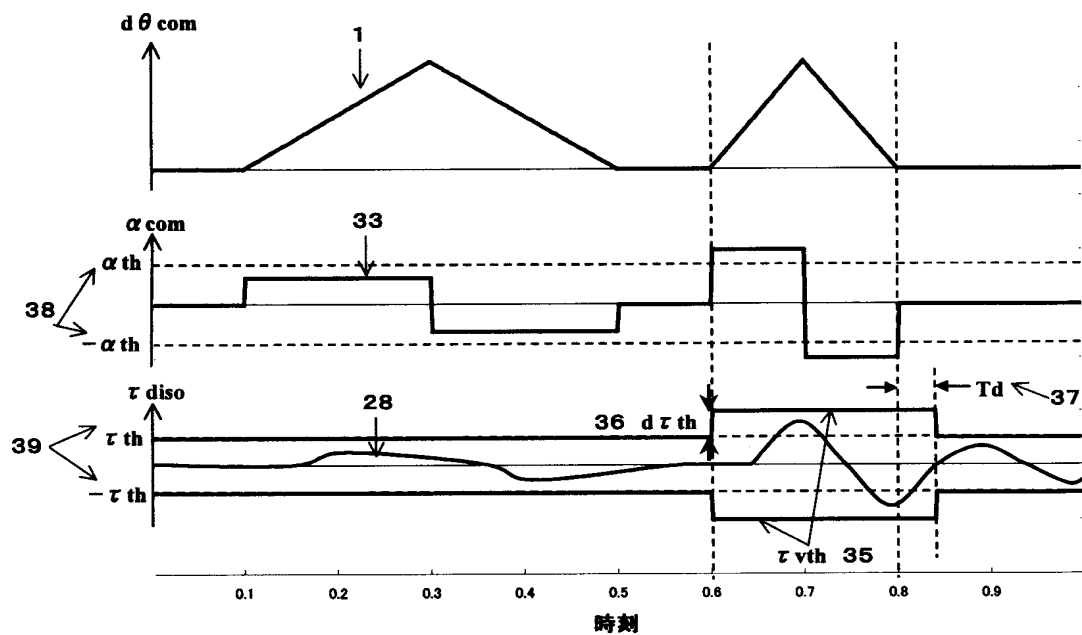


【図 7】



【図 8】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来の衝突検出方法では、減速機バネ成分による振動が原因となる衝突トルク検出誤差を少なくする事が困難であり、溶接用途におけるアークスタート時のトーチ引き上げ動作や、トーチを振動させるウィービング動作等でロボットの動作周波数が減速機バネ成分の共振周波数に近付いた時の衝突誤検出を防ぐためには、衝突検出閾値を上げるしかなく、通常動作時の衝突検出感度も下がっていた。

【解決手段】 ロボット動作の指令加速度が所定値より大きければ衝突検出閾値を上げ、所定時間保持することにより、減速機バネ成分の振動の位相遅れや持続に対応し、衝突誤検出を防ぐことができる。

【選択図】 図 1

## 出願人履歴

0 0 0 0 0 5 8 2 1

19900828

新規登録

大阪府門真市大字門真1 0 0 6 番地

松下電器産業株式会社